

原 著

歩行の運動イメージ能力に関する 評価方法間の関係性の検討

紙上真徳^{*1,2} 伊藤智崇^{*3} 小池康弘^{*4} 松本昌樹^{*5}
木村大輔^{*3} 椿原彰夫^{*3}

要 約

本研究では、歩行に関連する3種類の異なる運動イメージ評価法間の共通点及び相違点を明らかにすることを目的とした。対象は若年健常者59名とした。主観的な運動イメージ能力の評価には、質問紙法 Vividness of Movement Imagery Questionnaire-2を用いた。想起法ごとの総点数（VMIQ2 - 三人称, VMIQ2 - 一人称, VMIQ2 - 筋感覚）と歩行項目のみの点数を測定値とした。時間的な運動イメージ能力はメンタルクロノメトリーを用いて評価した。運動課題は10m 歩行とし、実際の歩行とイメージ上の歩行をそれぞれ2回行った。所要時間の平均の差とイメージに要した時間を測定値とした。空間的な運動イメージ能力はメンタルローテーションを用いて評価した。被験者には角度を変え、足部を背面、底面、母趾側、小趾側の計4面から見た画像を提示し、提示された各面の画像の左右を判断するまでの反応時間を測定値とした。統計学的解析は、3つの評価方法間の共通因子を検討するためにベイズ推定法を用いた探索的因子分析を行った。結果、抽出された因子にはいずれも同一評価法内の項目が含まれており、他の評価法の項目は含まれていなかった。各評価法に共通因子が認められなかったことから、これらは独立したものであると考えられる。

1. 緒言

運動イメージ（motor imagery: 以下, MI）とは、心的に歩行などの運動を想起することと定義されている¹⁾。MI を行う際には、一般的に一人称的イメージや三人称的イメージ、筋感覚的イメージと呼ばれる3つの方法を用いて想起する²⁾。一人称的イメージとは、あたかも自分自身が実際に運動しているかのようにイメージをすることであり、三人称的イメージとは、運動している自分自身を動画で見ているかのようにイメージすることである。また、筋感覚的イメージとは、運動中に働く筋肉の収縮や伸張などを感じながらイメージする想起方法である²⁾。

近年、MI はスポーツや医療、教育、心理学など多くの分野で用いられており³⁾、リハビリテーション医療の分野では、主に動作の改善を目的として用

いられている。実際に動作を行うことなくMIを繰り返し行うことをメンタルプラクティス（mental practice: 以下, MP）⁴⁾という。臨床研究では、MPを脳卒中患者やパーキンソン病患者などの対象に行うことで、歩行能力などの動作能力を改善させることが報告されている⁵⁾。一方で、MPによる介入効果としては否定的な報告もある^{6,7)}。この原因として、MI能力の個人差^{8,9)}が影響している可能性があり、健常者を対象とした研究では、MI能力の個人差がMPの介入効果に影響を与えると報告されている^{10,11)}。よって、MPを実施する前には、介入効果が得られる対象者かどうかを判別するためにMI能力を評価することが重要となる。

これまでMI能力の評価には、主に3種類の評価方法が用いられてきた^{12,13)}。第1の方法は、問診や質

*1 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 リハビリテーション学専攻

*2 倉敷リハビリテーション病院

*3 川崎医療福祉大学 リハビリテーション学部 理学療法学科

*4 川崎医療福祉大学 リハビリテーション学部 作業療法学科

*5 錦海リハビリテーション病院

（連絡先）紙上真徳 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

E-mail: p_reticulata_0229@yahoo.co.jp

問紙を用いて MI の鮮明度を主観的に評価する質問紙法である¹⁴⁾。第2は、ある決められた運動をイメージした際に要した時間と、実際に運動した際に要した時間を測定し、その時間の差が小さいほど MI 能力が高いとするメンタルクロノメトリー (mental chronometry: 以下, MC) である^{14,15)}。MC は、時間的な MI 能力を客観的に評価することができる評価法である^{14,16,17)}。第3は、手や足を回転させた画像を視覚的に提示し、左右どちらの手足であるかを判断するまでの時間 (reaction time: 以下, RT) や正答率を測定するメンタルローテーション (mental rotation: 以下, MR) である。MR は、空間的な MI 能力を客観的に評価できるとされている¹⁷⁾。質問紙法は主観的に、MC や MR は客観的に対象者の MI 能力を捉えている。さらに、MC は時間的に、MR は空間的に MI 能力を捉える評価法であることから、各評価法は異なる MI 能力を評価しているといえる。一方で、想起方法に着目して各評価法をみると、評価法間には共通点も存在する。質問紙法は、一般的にある動作に関する一人称的、三人称的、筋感覚的イメージを評価するが、MC も同様に、ある動作に関する一人称的あるいは筋感覚的イメージを対象者に想起させる。MR においても、提示する身体画像の表裏¹⁸⁾や角度¹⁹⁾によって、一人称的あるいは三人称的イメージを想起させる可能性が報告されている。つまり、3種類の評価法間には一人称的イメージを想起させるという共通点があり、質問紙法は MC や MR の評価内容を包含しているといえる。これらのことから、3種類の評価法は、異なる MI 能力を評価するという相違点が存在する半面、想起法という観点からみると共通点が存在する可能性がある。各評価法間の共通点や相違点、および関連性について検討している研究は希少であり、これらの関連性について明らかにすることは、今後の MI 研究において有意義である。

MI を用いた介入の効果を検討した先行研究では、3種類の評価方法は、介入前に MI 能力の高低を評価^{6,20)}したり、MP による介入効果を評価¹¹⁾したりするために用いられている。しかしながら、各評価法は個別に用いられていることが多く^{6,11,20-23)}対象者のもつ MI 能力の一面のみを評価している可能性は否定できない。MI 能力は事前に評価することで、MP の適応を判断することができる可能性があるため、対象者のもつ MI 能力を多面的・多角的に捉える必要がある。そこで本研究では、リハビリテーション医療の分野においてその動作能力の向上が主たる目的となる歩行に着目し、歩行の MI に関連する3種類の評価法間の共通点や相違点を明らかにするこ

とを目的とした。

2. 方法

2.1 対象

対象は、2018年1月～2019年1月までの期間に被験者募集の案内を行い、研究への参加意向を示した整形外科疾患および中枢神経疾患の既往がない若年健康者61名 (男性29名、女性32名、平均年齢 21.0 ± 1.2 歳) とした。すべての被験者には本研究の趣旨を口頭および書面にて十分に説明を行い、理解を得た上で署名による研究参加の同意を得た。

2.2 能力評価の方法

2.2.1 実験手順

すべての被験者が質問紙法、MC、MR を用いた運動イメージ能力の評価を行った。各評価の実施順序は、無作為とした。

2.2.2 質問紙法を用いた運動イメージの能力評価

本研究では質問紙法として、イメージする運動項目の中に「歩行」が含まれている Vividness of Movement Imagery Questionnaire-2 (VMIQ2)²⁴⁾ を用いた。VMIQ2は、①歩く、②走る、③石を蹴る、④かがんでコインを拾う、⑤階段を駆け上がる、⑥横へ飛ぶ、⑦石を水に投げ入れる、⑧空中にボールを蹴る、⑨下り坂を走る、⑩自転車に乗る、⑪ロープにぶら下がる、⑫高い塀から飛び降りる、の12の運動項目で構成されており、各運動項目について3種類の想起方法 (三人称的運動イメージ、一人称的運動イメージ、筋感覚的運動イメージ) を用いてイメージを行う。そのときのイメージの鮮明度を1点: 完全に明瞭かつ鮮明にイメージできる、2点: かなり明瞭かつ鮮明にイメージできる、3点: まあまあ明瞭かつ鮮明にイメージできる、4点: 漠然としており曖昧である、5点: 全くイメージできない、の5段階で評価する。想起方法ごとの点数は12～60点であり、合計点は36～180点である。点数が低い者ほど主観的な運動イメージの能力が高いとされている。本研究では、三人称的運動イメージ (VMIQ2 - 三人称)、一人称的運動イメージ (VMIQ2 - 一人称)、筋感覚的運動イメージ (VMIQ2 - 筋感覚) の点数をそれぞれ個別に測定値として解析に用いた。また、VMIQ2の1つの運動項目である「歩行」を取り上げ、三人称的イメージ (VMIQ2 - 三人称歩行)、一人称的イメージ (VMIQ2 - 一人称歩行)、筋感覚的イメージ (VMIQ2 - 筋感覚歩行) の点数もそれぞれ個別の測定値として解析に用いた。

2.2.3 MC を用いた運動イメージの能力評価

MC では運動イメージの課題特異性を考慮し、運

動課題として10m 歩行テスト(10m walk test:以下、10MWT)を用いた。10MWTの実測では、10mの歩行路の前後に3mの助走路と減速路を設け、10m歩行に要する課題遂行時間を測定した(運動遂行)。イメージ上の10MWTの際には、10mの歩行路を見ながら「あたかも自分自身が実際に10mを歩行しているかのようにイメージしてください」という指示を与え、一人称的なイメージの想起を促した(図1)。運動遂行時には検者が、イメージ上の課題では被験者自身がストップウォッチを用いて課題遂行時間の計測を行った。先行研究では、課題実施の順序はイメージ時間に影響を与えないことが報告されているため²⁵⁾、本研究ではイメージ上の課題後に実際の歩行を行い、それを2回繰り返した。測定値として解析に用いる値は、それぞれ2回行ったイメージ上の課題と運動遂行の課題遂行時間の差の平均値(MC - 平均の差)とイメージ上の課題遂行時間(MC - イメージ時間)の平均値とした。

2.2.4 MRを用いた運動イメージの能力評価

高齢者を対象とした研究において、イメージの能力と歩行能力との関連が示されている山田と上原の報告²⁶⁾に準拠し、MRで提示する画像には足部の写真を用いた。足底面、足背面、母趾側側面、小趾側側面の計4面において、45°ごとに回転させた左右8種類ずつの写真を作成した(図2)。右足で32種類、左足で32種類の計64種類ある写真をランダムに2回ずつコンピュータのモニタ上に提示することとし、計128回の課題を遂行した。被験者には、モニタ上に提示された写真が左右どちらであるかを判断させた。右足の場合には右側に置かれたボタンを、左足の場合には左側に置かれたボタンを素早く押すよう

に指示した。なお、写真のランダム提示や、モニタ上に写真を提示した時間からボタンを押すまでの時間の測定、左右判断の正誤には、これらが処理されるようにオーダーメイドで作成した刺激提示反応ソフト(竹井機器株式会社製)を用いた。得られた各面のRTを測定値として解析に用いた(MR - 足底面, MR - 足背面, MR - 母趾側, MR - 小趾側)。ただし、若年健常者を対象とした先行研究に準拠し²⁷⁾、正答率が80%未満の対象は解析から除外した。

2.3 統計学的解析

2.3.1 MRにおけるRTの解析

まず、MRの各面におけるRTを因子分析にて個別の観測変数とみなすことの妥当性を確認するために、MRの足底面、足背面、母趾側側面、小趾側側面のRTの平均値の差の比較は反復測定分散分析を用いて行った。反復測定分散分析で有意差を認めた場合は、その後の多重比較として対応のあるt検定を行い、それぞれのp値はBonferroni法を用いて補正した。

2.3.2 評価法間の共通点、相違点の分析

運動イメージの3つの評価法間の共通点、相違点を明らかにするために運動イメージに関する3つの能力評価法にて得られた全12項目(VMIQ2:6項目, MC:2項目, MR:4項目)の点数を観測変数として、探索的因子分析を行った。因子分析は観測変数同士の相関行列から共通因子を導き出し、その背後にある潜在的な構成概念を明らかにする統計手法であり、その中でも探索的因子分析は明確な仮説や理論基盤を持たず、得られたデータに対して探索的に共通因子を求める手法である²⁸⁾。本研究においては、

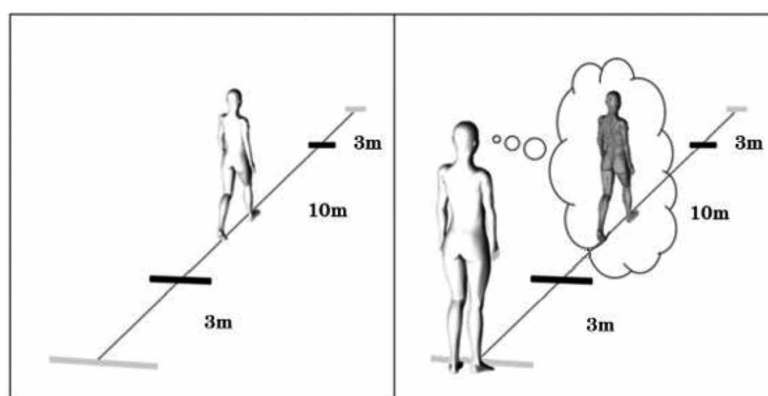


図1 MC課題

10MWTを実際に行っている様子(左図)と10MWTをイメージしている様子(右図)。10mの歩行路の前後に灰色線から黒線までの3mの助走路と、黒線から灰色線までの減速路を3m設け、黒の線から黒の線までの10m歩行に要する課題遂行時間を測定する。

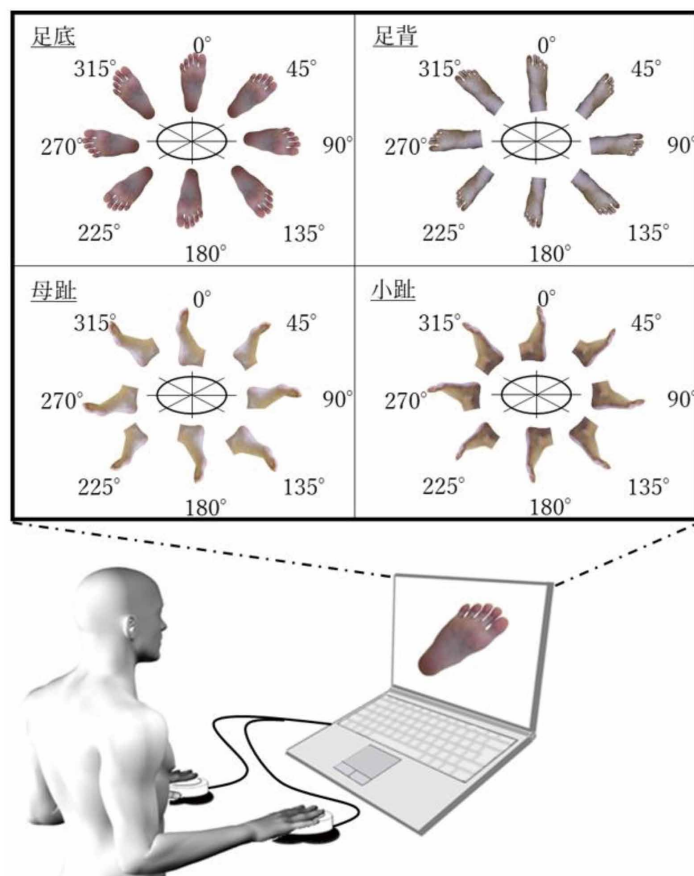


図2 MR課題

上の画像は足の提示画像であり、右足底面の8画像（左上）、右足背面の8画像（右上）、右母趾側面の8画像（左下）、右小趾側面の8画像（右下）を45°ずつ示している。これに左足を加えた合計64種類の画像をコンピュータのモニタ上に1つずつランダムに提示し、左右を判断するまでの時間を測定する。

3つの評価法間での共通性を明らかにすることが目的であるため、評価法間で各因子にオーバーラップして因子負荷量を示す可能性があり、明確な仮説を設定することが困難なこと、潜在的な変数の数が未定であることから探索的因子分析を採用した。探索的因子分析は初期の固有値が1.0以上、因子負荷量は0.3以上かつ有意差が認められたものを採用の基準とした。探索的因子分析における因子の推定法にはマルコフ連鎖モンテカルロ法を併用したベイズ推定法²⁹⁾を使用し、回転法は因子間での関係性を想定する斜交回転である oblimin 回転を採用した。推定値は平均値で、発生するマルコフ連鎖数は5、シミュレーション回数は10000回から50000回とした。収束指標としては、Gelman-Rubin の Potential Scale Reduction（以下、PSR）が1.1を下回ることを基準とした²⁸⁾。なお、得られた全12項目の測定値の大きさと単位は各評価法で異なるため、探索的因子分析で用いる測定値はすべて標準化（Z 値変換）した上

で解析を行った。また、各因子の内部一貫性の確認を行うために各因子の α 係数を算出した。有意水準はいずれも5%とした。

統計学的解析には、分散分析と α 係数の算出には SPSS Statistics Ver.22（IBM 社製）を、探索的因子分析には M-plus ver.7.31を用いた。

2.4 倫理的配慮

すべての被験者には本研究の趣旨を口頭および書面にて十分に説明を行い、理解を得た上で署名による研究参加の同意を得た。なお、本研究は川崎医療福祉大学倫理委員会の承認を得て実施した（承認番号：17-047）。

3. 結果

3.1 記述統計量

被験者の基本情報ならびに運動イメージに関する3つの能力評価法において得られた測定値を表1に示す。MRにおいて正答率が80%未満であった2名は、

表1 運動イメージの能力評価法における測定値

		平均値 (標準偏差)
年齢 [歳]		21.0 (1.2)
性別 (男 : 女)		27 : 32
VMIQ2	三人称 [点]	29.1 (8.5)
	一人称 [点]	25.5 (10.8)
	筋感覚 [点]	25.1 (8.3)
	三人称歩行 [点]	2.1 (0.8)
	一人称歩行 [点]	1.5 (0.9)
	筋感覚歩行 [点]	1.7 (0.8)
MR	足底 [msec]	2129.6 (910.4)
	足背 [msec]	1075.3 (386.6)
	母趾 [msec]	1396.6 (526.0)
	小趾 [msec]	1428.7 (533.9)
MC	平均の差 [sec]	-1.3 (1.8)
	イメージ時間 [sec]	9.2 (2.2)

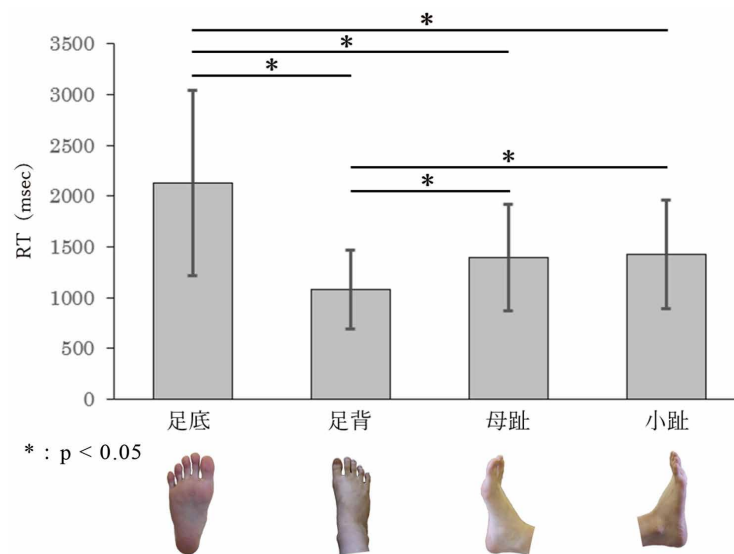


図3 各面におけるRTの比較

左から足底面を提示したときのRT, 足背面を提示したときのRT, 母趾側面を提示したときのRT, 小趾側面を提示したときのRTを示す。

解析の対象から除外し, 59名を解析対象とした。

3.2 MRにおけるRTの解析結果

MRにおけるRTの結果を図3に示す。MRにおける各面のRTを比較した結果, MR - 足底面ではMR - 足背面, MR - 母趾側, MR - 小趾側に比較してRTが統計学的に有意に延長した。また, MR -

母趾側, MR - 小趾側ではMR - 足背面に比較してRTの有意な延長が認められた ($p < 0.05$)。

3.3 評価法間の共通点, 相違点の分析結果

探索的因子分析の結果, 3因子11項目で良好な適合が得られた (表2)。因子数は, スクリーンプロット, ガットマン基準²⁸⁾, 解釈可能性などを考慮し

表2 探索的因子分析の結果

		第1因子 ($\alpha=0.966$)	第2因子 ($\alpha=0.709$)	第3因子 ($\alpha=0.943$)
VMIQ2	三人称	.279	.177	.079
	一人称	.409*	.048	.225
	筋感覚	.731*	-.037	-.137
	三人称歩行	.390*	.235	.151
	一人称歩行	.346*	.049	.229
	筋感覚歩行	.845*	-.082	-.045
MR	足底	-.143	.868*	.018
	足背	.006	.928*	-.037
	母趾	-.012	.976*	-.079
	小趾	.040	.989*	.009
MC	平均の差	.068	.028	.971*
	イメージ時間	.036	-.008	.920*
因子間相関行列				
第1因子		1.000		
第2因子		0.034	1.000	
第3因子		0.114	-0.030	1.000

*: $p < 0.05$

て3因子を採用した。また、PSRは1.1を下回ったため、収束していることが確認された。第1因子にはVMIQ2 - 三人称を除くVMIQ2の項目、第2因子にはMRの4項目、第3因子にはMC - イメージ時間とMC - 平均の差が十分な因子負荷量を示したが、各因子間に相関関係は認めなかった。また、各因子の α 係数も高く($\alpha > 0.70$)、内部一貫性が確認された。

4. 考察

本研究では、3種類の異なるMIの評価法間の共通点・相違点を検討するために探索的因子分析を行った。その結果、3つの因子が抽出されたが、抽出された第1因子にはVMIQ2の項目が、第2因子にはMRの項目が、第3因子にはMCの項目が含まれており、因子内の項目すべてが同一評価法内の項目であった。このことから、歩行のMIに関連する3種類の評価法間には共通点は存在せず、それぞれが異なるイメージ能力を捉える評価法であると考えられる。

3種類の評価法における相互関係性について調べた先行研究では、想起法と関連した相互関係が認められたと報告されている¹³⁾。しかしながら、本研究

では想起法と関連した共通因子は認められず、先行研究とは異なる結果となった。その要因として、先行研究¹³⁾と本研究ではMIの能力評価法が同一ではなかったことが考えられる。先行研究では、MCの運動課題にbox and block testとtimed up and go test(以下、TUG)を用いており、MCの運動課題によって質問紙(VMIQ2)やMRとの相互関係が異なることが報告されている¹³⁾。本研究では歩行に着目して10MWTをMCの運動課題として用いたため、用いた運動課題が先行研究¹⁷⁾とは異なっており、そのことが結果の相違に繋がったと考えられる。

各評価法間に共通因子が認められなかった主たる要因としては、各評価法が有する特性の違いが考えられる。MRに関しては、上肢切断患者では対照群より手のMR課題のRTが低下すること³⁰⁾や、書痙患者³¹⁾や手根管症候群患者³²⁾では、足ではなく手のMR課題が特異的に困難であることが報告されている。また、スポーツ経験²⁶⁾や日常的な身体部位の使用量³³⁾もMR課題のRTに影響を与えることが報告されている。これらのことから、MRでは自分がイメージした身体部位をどの程度意図したように制御できるか、統御可能性を評価しており³⁴⁾、実際に身

体を制御する際の可否や巧拙はMRの結果と密接な関連があるといえる。一方で、MCを用いた先行研究では、MI能力と歩行能力との関連が報告されており、高齢者における転倒歴³⁵⁾や脳卒中片麻痺者における自立度¹⁵⁾は、実際の歩行時間とイメージ上の歩行時間との差に影響を与えるとされている。MCと類似した結果はMIの研究以外の領域でも認められており、転倒リスクのある高齢者³⁶⁾やパーキンソン病患者³⁷⁾では実際の動作と動作の予測との間に乖離（予測誤差）が生じると報告されている。このことは、実際の動作と動作の予測（イメージを含む）との乖離は運動計画上の問題点を反映していると考えられ、MCは動作予測の時間的な部分を捉える評価法であるといえる。これらのことから、MRとMCは、イメージすることで対象者をもつ異なる能力的側面を捉えているといえ、各評価法の特徴の違いが強く影響したことで共通因子が認められない要因となったと考えられる。

質問紙法とMCやMRとの関連については、Kobelt et al.³⁸⁾は、健常者や脳卒中患者、パーキンソン病患者を対象に3種類のMIの評価を行った結果、質問紙、上肢課題のMC、手や足の画像を用いたMRの間に相関関係は認められなかったと報告している。本研究においても各因子間に相関関係は認められておらず、これは先行研究の結果³⁸⁾と一致している。よって、本研究では健常者のみを対象としたが、3種類の評価法間の関連については妥当な結果が得られたと考える。3種類の評価法間に関連が認められなかった要因としては、質問紙法はイメージする動作を鮮明度の観点から評価しているのに対し、MCは前述のように動作の予測誤差を、MRは統御可能性を評価しており、それぞれが異なる側面を評価していることが結果に影響を与えたと推察する。また、van der Meulen et al.³⁹⁾は、10MWTとTUGを運動課題としたMCの成績に基づき、MIの能力が高い群と低い群に分け、質問紙によるMI能力の評価と機能的磁気共鳴画像法による歩行イメージ中の脳活動の計測を行っている。その結果、MCの成績と質問紙の点数との間には相関はなく、MCの成績と関連する脳活動が認められたと報告している。この先行研究の結果³⁹⁾は、本研究においてMCの値とVMIQ2の点数との間に相関関係が認められなかったことを支持するものであり、質問紙法は、歩行イメージ中の脳活動を反映する評価として適さない可能性がある。一方で、MR

とMCはともに歩行能力との関連が認められており¹⁵⁾、このことが歩行と関連した評価法間に共通因子が認められない要因となったと考えられる。

MRのRTに関しては、提示される画像の観察面によって用いられる想起方法が異なり^{18,19)}、また、RTが早い者と遅い者では異なる想起法を用いていることが示唆されている^{27,40)}。そのため、RTと想起法との間には何らかの関連性があると想定し、本研究では予備的に反復測定分散分析にてMRにおける各面のRTを比較検討した。その結果、足底面画像を提示した際には、足背面画像や母趾側画像、小趾側画像と比較してRTが有意に延長した。また、足背面画像と比較し母趾側画像や小趾側画像では有意にRTが延長する結果となった。これらの結果は、先行研究⁴¹⁾と同様の傾向を示すものであり、提示される足部画像の観察面によってRTが異なることが確認された。

本研究の限界としては、各対象者がMCやMRの評価時に実際にどのような想起法を用いてMIを行ったかが不明であり、対象者間での想起法のばらつきを統制できなかった点が挙げられる。そのため、今後MCやMRの評価を行う際には、対象者がどのような想起法を用いたのかを聴取する必要がある。また、運動課題間の相違¹⁷⁾や課題の難易度⁴²⁾は、MCの結果に影響を与えることが報告されているが、本研究では10MWT以外の運動課題を用いた検討を行えていないため、結果が限定的である可能性がある。さらに、本研究は若年健常者のみを対象に行った研究であることから結果を一般化して解釈することは難しい可能性がある。よって今後は、MI評価法間の共通点や相違点が、年代や疾患によって異なるかどうかについても検討する必要があると考えられる。

5. 結語

本研究では、健常者を対象に歩行と関連するMIの評価法を用いて、3種類の評価法間の共通因子を検討した。その結果、各評価法間には共通因子が認められなかったことから、各評価法はそれぞれ異なるMI能力の側面を評価している可能性がある。よって、MPを行う際には対象者のもつMI能力をできる限り多角的・多面的に捉え、各種評価法によって得られる結果の特性を十分に理解した上で、残存するMI能力を活かしたMPの実践が必要になると考えられる。

謝 辞

本研究は平成29年度川崎医療福祉大学医療福祉研究費の助成により行われたものである。

文 献

- 1) Jeannerod M : The representing brain: Neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral and Brain Sciences*, 17(2), 187-202, 1994.
- 2) Guillot A, Collet C, Nguyen VA, Malouin F, Richards CL and Doyon J : Brain activity during visual versus kinesthetic imagery: An fMRI Study. *Human Brain Mapping*, 30(7), 2157-2172, 2009.
- 3) Schuster C, Hilfiker R, Amft O, Scheidhauer A, Andrews B, Butler J, Kischka U and Ettlin T : Best practice for motor imagery: A systematic literature review on motor imagery training elements in five different disciplines. *BMC Medicine*, 9, 75, 2011, <https://doi.org/10.1186/1741-7015-9-75>.
- 4) Barclay RE, Stevenson TJ, Poluha W, Semenko B and Schubert J : Mental practice for treating upper extremity deficits in individuals with hemiparesis after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2011(5), CD005950, 2011, <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005950.pub4>.
- 5) Malouin F and Richards CL : Mental practice for relearning locomotor skills. *Physical Therapy*, 90(2), 240-251, 2010.
- 6) Ietswaart M, Johnston M, Dijkerman HC, Joice A, Scott CL, MacWalter RS and Hamilton SJ : Mental practice with motor imagery in stroke recovery: Randomized controlled trial of efficacy. *Brain*, 134, 1373-1386, 2011.
- 7) Braun SM, Beurskens AJ, Kleynen M, Oudelaar B, Schols JM and Wade DT : A multicenter randomized controlled trial to compare subacute 'treatment as usual' with and without mental practice among persons with stroke in Dutch nursing homes. *Journal of the American Medical Directors Association*, 13(1), 85.e1-85.e7, 2012, <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2010.07.009>.
- 8) González MA, Alfredo C and Pérez MJ : Mental imagery and creative thinking. *The Journal of Psychology*, 131, 357-364, 1997.
- 9) Baddeley AD and Andrade J : Working memory and the vividness of imagery. *Journal of Experimental Psychology*, 129(1), 126-145, 2000.
- 10) 梅野和也, 中村浩一, 井元淳, 白澤浩太郎, 石田猛流, 加来謙治, 土井康太: 運動イメージ想起能力とメンタルプラクティスの効果との関係—属性の異なる運動イメージ評価法を用いた研究—. 理学療法科学, 33(2), 313-317, 2018.
- 11) Ruffino C, Papaxanthis C and Lebon F : The influence of imagery capacity in motor performance improvement. *Experimental Brain Research*, 235(10), 3049-3057, 2017.
- 12) Johnson SH, Sprehn G and Saykin AJ : Intact motor imagery in chronic upper limb hemiplegics: Evidence for activity-independent action representations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(6), 841-852, 2002.
- 13) 門馬博 : 属性の異なる運動イメージ能力評価法の相互関係性に関する検討. 理学療法科学, 29(1), 45-49, 2014.
- 14) Collet C, Guillot A, Lebon F, MacIntyre T and Moran A : Measuring motor imagery using psychometric, behavioral, and psychophysiological tools. *Exercise and Sport Science Reviews*, 39(2), 85-92, 2011.
- 15) 北地雄, 原島宏明, 宮野佐年: 脳卒中片麻痺者における歩行の運動イメージと歩行能力および歩行自立度との関連. 理学療法科学, 29(1), 25-31, 2014.
- 16) Marchesotti S, Bassolino M, Serino A, Bleuler H and Blanke O : Quantifying the role of motor imagery in brain-machine interfaces. *Scientific Reports*, 6, 24076, 2016, <https://www.nature.com/articles/srep24076>.
- 17) Liepert J, Büsching I, Sehle A and Schoenfeld MA : Mental chronometry and mental rotation abilities in stroke patients with different degrees of sensory deficit. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 34(6), 907-914, 2016.
- 18) ter Horst AC, van Lier R and Steenbergen B : Mental rotation task of hands: Differential influence number of rotational axes. *Experimental Brain Research*, 203(2), 347-354, 2010.
- 19) Brady N, Maguinness C and Ní Choisdealbha A : My hand or yours markedly different sensitivity to egocentric and allocentric views in the hand laterality task. *PloS One*, 6(8), e23316, 2011, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023316>.
- 20) Cunha RG, da Silva PJ, dos Santos Couto Paz CC, da Silva Ferreira AC and Tierra Criollo CJ : Influence of functional task-oriented mental practice on the gait of transtibial amputees: A randomized, clinical trial. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 14, 28, 2017.

- 21) Dickstein R, Dunskey A and Marcovitz E : Motor imagery for gait rehabilitation in post-stroke hemiparesis. *Physical Therapy*, 84(12), 1167-1177, 2004.
- 22) Malouin F, Richards CL, Durand A and Doyon J : Clinical assessment of motor imagery after stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 22, 330-340, 2008.
- 23) Malouin F, Richards CL, Durand A and Doyon J : Reliability of mental chronometry for assessing motor imagery ability after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(2), 311-319, 2008.
- 24) Roberts R, Callow N, Hardy L, Markland D and Bringer J : Movement imagery ability: development and assessment of a revised version of the vividness of movement imagery questionnaire. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 30, 200-221, 2008.
- 25) Papaxanthis C, Pozzo T, Skoura X and Schieppati M : Does order and timing in performance of imagined and actual movements affect the motor imagery process? The duration of walking and writing task. *Behavioural Brain Research*, 134(1-2), 209-215, 2002.
- 26) 山田実, 上原稔章 : 運動イメージ想起能力の年代別基準値の作成および高齢者における転倒との関係—手・足の写真によるメンタルローテーションを用いた検討—. 理学療法科学, 23(5), 579-584, 2008.
- 27) 楠本史, 今井亮太, 児玉隆之, 森岡周 : メンタルローテーション課題における脳活動と反応時間の関係—EEGを用いて—. 理学療法科学, 29(4), 479-483, 2014.
- 28) 小杉考司, 清水裕士 : M-plus と R による構造方程式モデリング入門. 北大路書房, 京都, 2014.
- 29) 松浦健太郎 : Stan と R でベイズ統計モデリング. 共立出版, 東京, 2016.
- 30) Nico D, Daprati E, Rigal F, Parsons L and Sirigu A : Left and right hand recognition in upper limb amputees. *Brain*, 127, 120-132, 2004.
- 31) Fiorio M, Tinazzi M, Ionta S, Fiaschi A, Moretto G, Edwards MJ, Bhatia KP and Aglioti SM : Mental rotation of body parts and non-corporeal objects in patients with idiopathic cervical dystonia. *Neuropsychologia*, 45(10), 2346-2354, 2007.
- 32) Schmid AB and Coppeters MW : Left/right judgment of body parts is selectively impaired in patients with unilateral carpal tunnel syndrome. *The Clinical Journal of Pain*, 28(7), 615-622, 2012.
- 33) Edwards LM, Causby RS, Stewart H and Stantonet TR : Differential influence of habitual third-person vision of a body part on mental rotation of images of hands and feet. *Experimental Brain Research*, 237(5), 1325-1337, 2019.
- 34) 森岡周 : イメージの科学—リハビリテーションへの応用に向けて—. 三輪書店, 東京, 2012.
- 35) 山田実, 古川裕之, 東野江里, 上原稔章, 一安章史, 小野玲, 平田総一郎 : 歩行運動イメージの加齢変化と転倒経験の関連. 総合リハビリテーション, 35(7), 705-710, 2007.
- 36) Sakurai R, Fujiwara Y, Ishihara M, Higuchi T, Uchida H and Imanaka K : Age-related self-overestimation of step-over ability in healthy older adults and its relationship to fall risk. *BMC Geriatrics*, 13, 44, 2013, <https://doi.org/10.1186/1471-2318-13-44>.
- 37) Kawasaki T, Mikami K, Kamo T, Aoki R, Ishiguro R, Nakamura H, Tozawa R, Asada N, Hiiragi Y, ...Katsuki K : Motor planning error in Parkinson's disease and its clinical correlates. *PloS One*, 13(8), e0202228, 2018, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202228>.
- 38) Kobelt M, Wirth B and Schuster-Amft C : Muscle activation during grasping with and without motor imagery in healthy volunteers and patients after stroke or with Parkinson's disease. *Frontiers in Psychology*, 9, 00597, 2018.
- 39) van der Meulen M, Allali G, Rieger SW, Assal F and Vuilleumier P : The influence of individual motor imagery ability on cerebral recruitment during gait imagery. *Human Brain Mapping*, 35, 455-470, 2014.
- 40) Mochizuki H, Takeda K, Sato Y, Nagashima I, Harada Y and Shimoda N : Response time differences between men and women during hand mental rotation. *PloS One*, 14(7), e0220414, 2019, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220414>.
- 41) Ionta S, Fourkas AD, Fiorio M and Aglioti SM : The influence of hands posture on mental rotation of hands and feet. *Experimental Brain Research*, 183, 1-7, 2007.
- 42) Nakano H, Murata S, Shiraiwa K and Nonaka K : Increased time difference between imagined and physical walking in older adults at a high risk of falling. *Brain Sciences*, 10(6), 332, 2020.

The Relationship among Evaluation Methods for Motor Imagery Ability of Walking

Masanori KAMIUE, Tomotaka ITO, Yasuhiro KOIKE, Masaki MATSUMOTO,
Daisuke KIMURA and Akio TSUBAHARA

(Accepted Dec. 11, 2020)

Key words : motor imagery ability, questionnaire, mental chronometry, mental rotation, common factor

Abstract

This study aimed to clarify the similarities and differences among the three evaluation methods for motor imagery ability of gait. Fifty-nine young healthy volunteers were assessed using three evaluation methods. First, Vividness of Movement Imagery Questionnaire-2 was used to evaluate their subjective motor imagery ability. The total score for each recall method, i.e., external visual, internal visual, and kinesthetic, and the score of the item “walking” in the questionnaire were used for latter analyses. Next, temporal motor imagery ability was evaluated using mental chronometry. The exercise task was a 10-meter walk, and the actual and the imagery walks were performed twice. The measured values were the averaged time difference between the actual and the imagery walking time. Finally, spatial motor imagery ability was evaluated using mental rotation. Subjects were presented with images of the foot, which was viewed from the dorsum, planta, great toe side, and little toe side. The reaction time to determine the image’s laterality was also measured. To examine the common factors among the three evaluation methods, an exploratory factor analysis using the Bayesian estimation method was conducted. All extracted three factors contained items within the same evaluation methods, and no common factors were found. Thus, it is considered that each evaluation method is heterogeneous.

Correspondence to : Masanori KAMIUE

Doctoral Program in Rehabilitation
Graduate School of Health Science and Technology
Kawasaki University of Medical Welfare
Kurashiki, 701-0193, Japan
E-mail : p_reticulata_0229@yahoo.co.jp
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.30, No.2, 2021 503–512)